

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-335979

(43)Date of publication of application : 22.12.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/18  
H01L 33/00

(21)Application number : 06-122379

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 03.06.1994

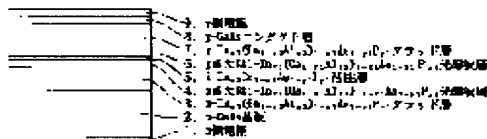
(72)Inventor : WADA MITSUGI  
FUKUNAGA TOSHIAKI

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a semiconductor laser in which a crystal grown in a layer boundary face and on the layer boundary face enhances quality and high reliability is obtained even under the oscillation of a high output.

**CONSTITUTION:** A composition containing a group V element of binary or above is used for an active layer 5, and optical waveguide layers 4, 6 holding the active layer 5 therebetween and clad layers 3, 7 are composed of a group V element and a group III element, and the composition ratio of the group V element of the optical waveguide layers 4, 6 and the clad layers 3, 7 are made equal to the composition ratio of the group V element of the active layer 5 and on the other hand, the composition ratio of the group element of the optical waveguide layers 4, 6 and the clad layers 3, 7 is changed, thereby forming an isolation confinement hetero structure.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-335979

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平6-122379

(22)出願日 平成6年(1994)6月3日

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 和田 貢

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 福永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

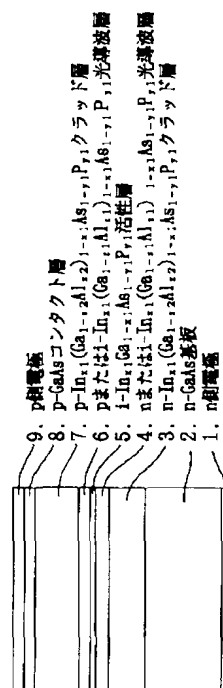
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】

【目的】 層界面および層界面の上に成長する結晶が高品質となり、高出力発振下においても信頼性の高い半導体レーザを得る。

【構成】 活性層5を2元以上のV族元素を含む組成とし、この活性層5を挟む光導波層4、6およびクラッド層3、7をV族元素およびIII族元素を含む組成とし、上記光導波層4、6およびクラッド層3、7のV族元素の組成比を活性層5のV族元素の組成比と同じとする一方、該光導波層4、6およびクラッド層3、7のIII族元素の組成比を変えることにより分離閉じ込めヘテロ構造を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層が2元以上のV族元素を含む組成を有し、

この活性層を挟む光導波層およびクラッド層がV族元素およびIII族元素を含む組成を有し、

前記光導波層およびクラッド層のV族元素の組成比が活性層のV族元素の組成比と同じとされる一方、該光導波層およびクラッド層のIII族元素の組成比を変えることにより分離閉じ込めヘテロ構造が形成されたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記活性層が  $I_{nx1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 、

前記光導波層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 、

前記クラッド層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$  (ただし、 $0 < z1 < z2$ ) からなることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 活性層が1元のV族元素を含む組成を有し、

この活性層を挟む光導波層およびクラッド層が、活性層のV族元素を含む2元以上のV族元素およびIII族元素を含む組成を有し、

前記光導波層およびクラッド層のV族元素の組成比が互いに同じとされる一方、該光導波層およびクラッド層のIII族元素の組成比を変えることにより分離閉じ込めヘテロ構造が形成されたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 前記活性層が  $I_{nx2}Ga_{1-x2}As$ 、

前記光導波層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 、

前記クラッド層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$  (ただし、 $0 \leq z1 < z2$ ) からなることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体レーザに関し、特に詳細には、活性層がV族元素を含む組成を有し、光導波層およびクラッド層がV族元素およびIII族元素を含む組成を有してなる半導体レーザに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、発振波長が0.7~0.85 $\mu m$ 帯にある半導体レーザとしては、例えば文献(1) IEEE Journal of Quantum Electronics (ジャーナル・オブ・クオインタム・エレクトロニクス), Vol. QE-20, No. 10, October 1984 pp. 1119~1132に示されるように、 $n-GaAs$ 基板に  $n-AlGaAs$  クラッド層、 $n$ または  $i-AlGaAs$  光導波層、 $i-AlGaAs$  活性層、 $p$ または  $i-AlGaAs$  光導波層、 $p-AlGaAs$  クラッド層、および  $p-GaAs$  キャップ層を形成してなるものが広く知られている。

【0003】また、上記発振波長帯の半導体レーザとし

て、文献(2) Japanese Journal of Applied Physics

(ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス) Vol. 31 (1992) pp. L1686 ~ L1688 に示されるように、 $n-GaAs$  基板に  $n-InGaP$  クラッド層、 $n$ または  $i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py_2$  光導波層、 $i-In_{x1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$  活性層 ( $x1 < x2$ ,  $y1 < y2$ )、 $p$ または  $i-In_{x2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py_2$  光導波層、 $p-InGaP$  クラッド層、および  $p-GaAs$  キャップ層を形成してなるものも提案されている。

10 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記文献(1)に示されている構造には、活性層に含まれているAlが化学的に活性で酸化しやすいため、劈開して形成した共振器端面が劣化しやすく、高信頼性を得ることが難しいという問題がある。

【0005】文献(2)に示されている構造は、このような問題に対処するものであるが、その反面この構造は、有機金属気相成長(MOCVD)法等における結晶成長において、クラッド-光導波層界面、光導波層-活性層界面、あるいはそれらの逆の成長過程で、V族元素水素化合物ガス( $PH_3$ 、 $AsH_3$ )の切換え、すなわち例えばガスバルブの開閉や、マスフローコントローラによるガス流量の増減等の操作が必要であって、この切換え時に結晶表面の状態を不安定にしてしまうため、各層間の界面を高品質で安定に再現性良く形成することができず、また、層界面の上に成長する結晶の品質を落としてしまうという欠点がある。

【0006】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、層界面および層界面の上に成長する結晶が高品質となり、高出力発振下においても信頼性の高い半導体レーザを提供することを目的とするものである。

【0007】また本発明は、上記目的を達成した上で、活性層の酸化による共振器端面の劣化が防止されて、この点からも高信頼性が期待できる半導体レーザを提供することを目的とするものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の半導体レーザは、請求項1に記載の通り、活性層が2元以上のV族元素を含む組成を有し、この活性層を挟む光導波層およびクラッド層がV族元素およびIII族元素を含む組成を有し、上記光導波層およびクラッド層のV族元素の組成比が活性層のV族元素の組成比と同じとされる一方、該光導波層およびクラッド層のIII族元素の組成比を変えることにより分離閉じ込めヘテロ構造が形成されたことを特徴とするものである。

【0009】本発明による第2の半導体レーザは、請求項2に記載の通り、上記第1の半導体レーザにおいて、特に、活性層が  $I_{nx1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 、光導波層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 、クラッド層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$  (た

50

だし、 $0 < z_1 < z_2$ ) かなることを特徴とするものである。

【0010】本発明による第3の半導体レーザは、請求項3に記載の通り、活性層が1元のV族元素を含む組成を有し、この活性層を挟む光導波層およびクラッド層が、活性層のV族元素を含む2元以上のV族元素およびIII族元素を含む組成を有し、上記光導波層およびクラッド層のV族元素の組成比が互いに同じとされる一方、該光導波層およびクラッド層のIII族元素の組成比を  
10 変えることにより分離閉じ込めヘテロ構造が形成されたことを特徴とするものである。

【0011】また本発明による第4の半導体レーザは、請求項4に記載の通り、上記第3の半導体レーザにおいて、特に、活性層が  $I_{nx2}Ga_{1-x2}As$ 、光導波層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 、クラッド層が  $I_{nx1}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$  (ただし、 $0 \leq z_1 < z_2$ ) かなることを特徴とするものである。

【0012】

【作用および発明の効果】上記第1の半導体レーザにおいて、活性層、光導波層およびクラッド層の全てにおいてV族元素の組成比が共通であるので、その作製のためのMOCVDや分子線エピタキシャル成長等において、層界面でのV族元素ガス切換えを必要としない。

【0013】また上記第3の半導体レーザにおいては、光導波層およびクラッド層のV族元素の組成比が共通であるので、その作製のためのMOCVDや分子線エピタキシャル成長等において、層界面でのV族元素ガス切換えは活性層と光導波層との間のみで行なえばよく、光導波層とクラッド層との間でこのV族元素ガス切換えは不要である。

【0014】このようにMOCVDや分子線エピタキシャル成長等において、層界面でのV族元素ガス切換えが全く不要であるか、あるいは最少限で済めば、各層間の界面でのV族元素の原料の相互置換がなくなり、結晶表面の状態が不安定化することがなくなる。それにより本発明による半導体レーザは、層界面および層界面の上に成長する結晶の品質が高く、高出力発振下においても高い信頼性が確保されるものとなる。

【0015】さらに、上述のように層界面でのV族元素ガス切換えが全く不要であるか、あるいは最少限で済めば、層界面での成長中断時間が短縮されるので、本発明の半導体レーザは層界面に欠陥の無い、高信頼性のものとなり得る。

【0016】それに加えて特に第2および第4の半導体レーザにおいては、活性層に酸化しやすいAlを含まないで、活性層の酸化による共振器端面の劣化が防止されて、この点からも信頼性が高いものとなり得る。

【0017】

【実施例】以下、図面に示す実施例に基づいて本発明を

詳細に説明する。図1は、本発明の第1実施例による半導体レーザの層構成を示すものである。この半導体レーザは一例として、III族元素原料となる有機金属としてTMA、TMG、TMIを持ち、V族元素原料となる水素化合物ガスとして $AsH_3$ 、 $PH_3$ を持つMOCVD装置により、 $n-GaAs$ 基板2上に $n-I_{nx1}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ クラッド層3、 $n$ または $i-I_{nx1}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 光導波層4、 $i-I_{nx1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 活性層5、 $p$ または $i-I_{nx1}(Ga_{1-z1}Al_{z1})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 光導波層6、 $p-I_{nx1}(Ga_{1-z2}Al_{z2})_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ クラッド層7、 $p-GaAs$ コンタクト層8 (ただし、 $0 < z_1 < z_2$ ) を順次成長させて形成されたものである。

【0018】この場合、V族元素のAsおよびPは、コンタクト層8を除く全ての層において組成が同じである。そこで、MOCVD成長において各層3~7の原料となるV族元素水素化合物ガス $AsH_3$ 、 $PH_3$ について、組成比変更のための切換え(バルブの開閉およびマスフローコントローラ等による流量の増減)を行なう必要がなく、III族元素原料のTMAとTMGのバルブ開閉と流量の制御のみを行なえばよい。

【0019】その後、基板2およびコンタクト層8の上にそれぞれに金属からなるn側電極1およびp側電極9を形成して、この第1実施例の半導体レーザが完成する。

【0020】上述のようにMOCVDによる結晶成長時に、層界面でのV族元素ガス切換えが全く不要であれば、このV族元素ガス切換え時に結晶表面の状態を不安定にしてしまうことがなくなる。それによりこの半導体レーザは、層界面および層界面の上に成長する結晶の品質が高く、高出力発振下においても高い信頼性が確保されるものとなる。

【0021】また本実施例の半導体レーザは、活性層5に酸化しやすいAlを含まないで、活性層5の酸化による共振器端面の劣化が防止されて、この点からも信頼性が高いものとなり得る。

【0022】なお、前記文献(2)に示される活性層を  $I_{nx1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$ 、光導波層を  $I_{nx2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py_2$  ( $x_1 < x_2$ ,  $y_1 < y_2$ ) とする構造では、活性層  $I_{nx1}Ga_{1-x1}As_{1-y1}Py_1$  と光導波層  $I_{nx2}Ga_{1-x2}As_{1-y2}Py_2$  との間で、ハリソンのLCAO理論(W.A.Harrison: Journal of Vacuum Society Technology (ジャーナル・オブ・バキューム・ソサイアティ・テクノロジー) Vol. 14, No. 4, 1977 pp. 1016 ~ 1021 参照)等により伝導帯のバンドオフセット $\Delta E_c$ と価電子帯のバンドオフセット $\Delta E_v$ を計算すると、 $\Delta E_c < \Delta E_v$ となり、正孔にくらべ有効質量の軽い電子を効果的に閉じ込めることができない。

【0023】一方、本発明による上記活性層  $I_{nx1}Ga$

$1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  と光導波層  $\text{In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_1} \text{ Al}_{z_1})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  の間での伝導帯のバンドオフセット  $\Delta E_c$  と価電子帯のバンドオフセット  $\Delta E_v$  を計算すると、 $\Delta E_c : \Delta E_v \sim 6 : 4$  となり、電子を効果的に閉じ込める構造となっているため、しきい値が低くなり、また特性温度が高くなるという効果も生じる。

【0024】上記第1実施例では、V族元素組成が活性層、光導波層およびクラッド層で全て同じであるが、次に、活性層のみ歪を含み、そのV族元素組成が光導波層およびクラッド層とは異なる第2実施例について、図2を参照して説明する。

【0025】この第2実施例の半導体レーザは、前述したものと同様のMOCVD装置により、 $n\text{-GaAs}$  基板12上に  $n\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_2} \text{ Al}_{z_2})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  クラッド層13、 $n$  または  $i\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_1} \text{ Al}_{z_1})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  光導波層14、 $i\text{-In}_{x_2} \text{ Ga}_{1-x_2} \text{ As}$  活性層15、 $p$  または  $i\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_1} \text{ Al}_{z_1})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  光導波層16、 $p\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_2} \text{ Al}_{z_2})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  クラッド層17、 $p\text{-GaAs}$  コンタクト層18 (ただし、 $0 \leq z_1 < z_2$ ) を順次成長させて形成されたものである。

【0026】この構成の場合、光導波層14と活性層15の間、および活性層15と光導波層16の間で、 $\text{As}$  および  $\text{P}$  の組成比を変更するためにV族元素ガスの切換えを必要とするが、この場合は  $\text{PH}_3$  のガスバルブの開閉を行なうだけでよい。そして、クラッド層13と光導波層14との間、および光導波層16とクラッド層17との間では、V族元素ガスの切換えは不要である。

【0027】その後、基板12およびコンタクト層18の上にそれぞれに金属からなる  $n$  側電極11および  $p$  側電極19を形成して、この第2実施例の半導体レーザが完成する。

【0028】上述のようにMOCVDによる結晶成長時に、層界面でのV族元素ガス切換えが少なく済めば、このV族元素ガス切換え時に結晶表面の状態を不安定にすることがなくなる。それによりこの第2実施例の半導体レーザも、層界面および層界面上に成長する結晶の品質が高くて、高出力発振下においても高い信頼性が確保されるものとなる。

【0029】またこの第2実施例の半導体レーザも、活性層15に酸化しやすい  $\text{Al}$  を含まないので、活性層15の酸化による共振器端面の劣化が防止されて、この点からも信頼性が高いものとなり得る。

【0030】なお上記2つの実施例では、単純なブロードエリア構造を形成しているが、これらの実施例の構成にさらに通常のフォトリソグラフィやエッチングによる加工を施すことにより、屈折率導波機構付き半導体レーザや、回折格子付きの半導体レーザや、光集積回路を作製することも可能である。

【0031】また上記各実施例の構造は、特に量子井戸

が単一で、光導波層組成が一定の  $\text{SQW-SCH}$  と呼ばれる構造であるが、 $\text{SQW}$  の代わりに量子井戸を複数とする  $\text{MQW}$  構造に対しても本発明は適用可能である。

【0032】さらに、光導波層に関しては、 $\text{GRIN}$  構造 ( $\text{GRAded-INDex}$ ) すなわち屈折率分布構造が考えられるが、この構造を形成する際にもV族元素水素化合物ガスの切換えなしに、 $\text{TMA}$  および  $\text{TMG}$  の流量比を随時なだらかに変えて行くだけで、 $\text{GRIN}$  構造の屈折率プロファイルが得られる。

【0033】また発振波長帯に関しては、第1実施例の活性層5を  $\text{In}_{x_1} \text{ Ga}_{1-x_1} \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  とするものについては、 $x_1 \sim 0.49y_1$ 、 $0 < y_1 < 1$  の関係を満たすように適当な  $x_1$ 、 $y_1$  を決定すれば、発振波長  $\lambda$  を  $680 \text{ nm} < \lambda < 870 \text{ nm}$  の範囲で制御可能である。一方、第2実施例の活性層15を  $\text{In}_{x_2} \text{ Ga}_{1-x_2} \text{ As}$  とするものについては、 $\lambda < 1150 \text{ nm}$  の範囲までの制御が可能である。また、 $\text{InGaAsSb}$  系の材料を用いる場合は、 $2 \mu\text{m}$  帯の長波長帯のレーザにも本発明を適用することができる。

【0034】また、上記各実施例においてIII族元素原料としては  $\text{TMA}$ 、 $\text{TMI}$ 、 $\text{TMG}$  が使用されているが、 $\text{TEA}$ 、 $\text{TEG}$ 、 $\text{TEI}$  等の他の有機金属ガスを用いてもよい。他方、V族元素の原料ガスとしては  $\text{AsH}_3$ 、 $\text{PH}_3$  が用いられているが、その他の水素化合物や有機金属ガスが用いられてもよい。さらに、2元のV族元素からなる半導体として  $\text{As}$ 、 $\text{P}$  からなる化合物半導体を挙げているが、 $\text{Sb}$  等を含めたV族元素で2元以上となってもよい。また結晶成長法として、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を採用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例による半導体レーザの層構成を示す概略図

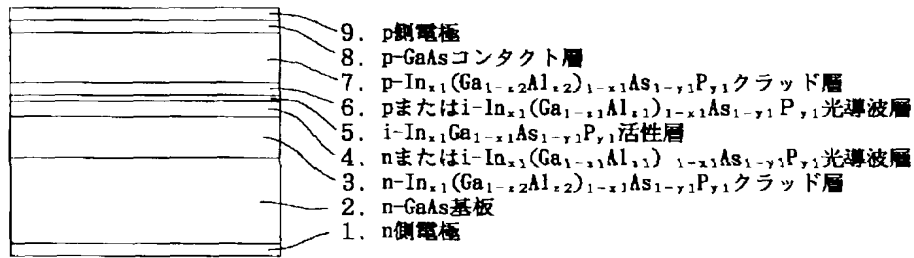
【図2】本発明の第2実施例による半導体レーザの層構成を示す概略図

【符号の説明】

- 1  $n$  側電極
- 2  $n\text{-GaAs}$  基板
- 3  $n\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_2} \text{ Al}_{z_2})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  クラッド層
- 4  $n$  または  $i\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_1} \text{ Al}_{z_1})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  光導波層
- 5  $i\text{-In}_{x_1} \text{ Ga}_{1-x_1} \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  活性層
- 6  $p$  または  $i\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_1} \text{ Al}_{z_1})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  光導波層
- 7  $p\text{-In}_{x_1} (\text{Ga}_{1-z_2} \text{ Al}_{z_2})$   $1-x_1 \text{ As}_{1-y_1} \text{ Py}_1$  クラッド層
- 8  $p\text{-GaAs}$  コンタクト層
- 9  $p$  側電極
- 11  $n$  側電極

- |                        |  |       |  |
|------------------------|--|-------|--|
| 12                     | $n\text{-GaAs}$ 基板   | 16    | $p$ または $i\text{-In}_{x1}(\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1})_{1-x1}\text{As}$           |
| 13                     | $n\text{-In}_{x1}(\text{Ga}_{1-z2}\text{Al}_{z2})_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ | 17    | $p\text{-In}_{x1}(\text{Ga}_{1-z2}\text{Al}_{z2})_{1-x1}\text{As}_{1-y1}\text{Py}_1$ |
| クラッド層                  |  | クラッド層 |  |
| 14                     | $n$ または $i\text{-In}_{x1}(\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1})_{1-x1}\text{As}$           | 18    | $p\text{-GaAs}$ コンタクト層   |
| $1-y1\text{Py}_1$ 光導波層 |  | 19    | $p$ 側電極  |
| 15                     | $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}$ 活性層                                      |       |  |

【図1】



【図2】

